

5



中国生态大讲堂
China Ecological Forum

Editor
Bojie Fu

Ecosystem Service and Ecological Security

生态系统服务与 生态安全

主编 傅伯杰



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

Editor
Bojie Fu

Ecosystem Service and Ecological Security

生态系统服务与生态安全

SHENGTAI XITONG FUWU YU SHENGTAI ANQUAN

主编 傅伯杰

内容简介

本书以生态系统服务与生态安全为主题,对生态系统服务的概念与原理、生态系统服务研究的主要方法、主要陆地生态系统过程与服务、土地利用变化与生态系统服务、国家尺度生态系统服务评估、生态系统服务的竞争与权衡和流域生态补偿与生态安全等生态系统服务的关键科学问题进行了探讨。内容涵盖了森林、草地、荒漠、湿地、农田等主要陆地生态系统类型,研究尺度从生态系统、区域到国家,具有广泛的代表性,体现了生态系统服务研究的前沿。本书可供从事生态学、地理学和环境科学的研究人员以及相关管理部门参考。

关键词:生态系统过程 生态系统服务 生态安全 综合评估

图书在版编目(CIP)数据

生态系统服务与生态安全 / 傅伯杰主编. — 北京: 高等教育出版社, 2013.11

ISBN 978-7-04-038603-5

I. ①生… ①傅… ①生态系—研究 ②生态安全—研究 IV. ①G147 ②X171

中国版本图书馆(CIP)数据核字(2013)第242126号

策划编辑 柳丽丽
插图绘制 尹莉

责任编辑 柳丽丽
责任校对 杨雪莲

封面设计 张楠
责任印制 韩刚

版式设计 于婕

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 涿州市星河印刷有限公司
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 24
字数 440千字
插页 5
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版次 2013年11月第1版
印次 2013年11月第1次印刷
定价 69.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 38603-00
审图号:GS(2013)1569号

《中国生态大讲堂》编委会

主 编：于贵瑞

委 员：

于秀波 王绍强 王辉民 石培礼 孙晓敏 何洪林
张扬建 张宪洲 李胜功 欧阳华 欧阳竹 罗 毅
徐 明 袁国富

《生态系统服务与生态安全》编委会

顾 问：孙鸿烈 郑 度 冯宗炜

主 编：傅伯杰

编写人员(按姓名拼音排序)：

白永飞 陈德立 贺红士 贺纪正 黄建辉 姜鲁光
李百炼 李叙勇 马 健 孙 阁 陶福祿 王辉民
王宗明 吴炳方 武海涛 杨小军 于秀波 张惠远
周国逸

总 序

“中国生态大讲堂”(China Ecological Forum, CEF)是由中国国家生态系统观测研究网络(CNERN)综合研究中心、中国科学院中国生态系统研究网络(CERN)综合研究中心以及中国科学院生态系统网络观测与模拟重点实验室共同主办的综合性生态学问题的学术论坛,其宗旨是“传播新知识、交流新思想、展示新成果”,其具体内涵是指:中国的科学家和官员谈论中国生态问题,国外的科学家谈论中国生态问题,以及在中国举办的国际生态学科高级论坛。

自2005年“中国生态大讲堂”创办以来,已经组织了50余次学术报告会,5次综合性学术研讨会和2次高级研讨班,有120多位中外知名科学家做了主题演讲,邀请的报告人包括中国科学院和中国工程院的两院院士、国内外各科学研究机构和大学的知名专家、国家相关部委的政府官员、国际组织官员、CNERN和CERN的野外台站科技人员等。“中国生态大讲堂”面向政府职能部门、生态领域的科技人员和研究生、国际组织并向媒体开放,已经成为我国生态学研究领域的重要学术交流平台。

“中国生态大讲堂”在几年的发展历程中,为专家和官员搭建了学术讲演的舞台,为科研人员以及研究生提供了了解中国生态问题、生态系统研究科学前沿与热点领域的机会,特别是已经举办的“生态系统评估的科学问题与研究方法”、“生态系统长期观测与试验——应对可持续性的挑战”、“生态系统研究的新理念、新领域、新技术与新方法”、“气候变化与生态系统适应性——聚焦长江流域”、“人类活动与生态系统变化”等综合研讨会,涉及广泛科学问题和技术领域,吸引了众多在国际学术前沿的科学家们的响应和参与。在2007年召开的国际长期生态学研讨会——“迎接不同尺度可持续生态系统管理的挑战”上,来自全球31个国家和地区的210名代表共聚大讲堂,深入探讨了全球的长期生态系统研究前沿问题,取得了广泛的国际影响。

“中国生态大讲堂”的健康发展,引领着我国生态学的发展,为年轻的科研人员提供了解中国、了解世界、学习知识、把握科学前沿的机会。因此,系统出版《中国生态大讲堂系列丛书》的要求也日益强烈,高等教育出版社主动提出资助《中国生态大讲堂系列丛书》的出版工作,这将使广大科技人员的强烈需求得到满足,为推动“中国生态大讲堂”向更高层次的目标发展提供机遇和条件。为此,在《中国生态大讲堂系列丛书》问世之际,谨向高等教育出版社致以真诚的感谢,也对高等教育出版社积极承担社会责任的精神致以崇高的敬意。

《中国生态大讲堂系列丛书》将根据我国科技发展的需要,不断选择科技界

和公众高度关注的科学主题,不定期地、系统性地编辑出版“主题科学论著”,以探讨我国生态建设和生态系统科学研究中的理论和实践问题,满足生态学领域的科技人员和社会公众的需求,为我国的科技发展和生态建设服务。

《中国生态大讲堂系列丛书》是“中国生态大讲堂”的组织者、演讲者以及参与者们共同智慧和劳动成果的载体,承担着“传播新知识、交流新思想、展示新成果”的历史使命。这里,衷心祝愿《中国生态大讲堂系列丛书》能够成为具有广泛影响的“主题科学论著”系列,成为我国生态学领域必读的科学出版物;衷心感谢“中国生态大讲堂”的组织者、演讲者以及参与者所付出的努力和贡献;也衷心感谢高等教育出版社及其编辑人员的合作与鼎力支持。

中国科学院地理科学与资源研究所
于贵瑞

国家重点基础研究发展规划项目“中国主要陆地
生态系统服务功能与生态安全(2009CB421100)”
和中国科学院创新团队国际合作伙伴计划项目
“生态系统过程与服务”资助

前 言

生态系统服务是指人类从生态系统获得的各种惠益,是人类赖以生存和发展的基础。生态系统服务研究已成为国际生态学和相关学科研究的前沿和热点。长期的资源开发利用和巨大的人口压力,使我国生态系统和生态系统服务严重退化,由此引起的水资源短缺、水土流失、沙漠化、生物多样性减少等生态问题持续加剧,对我国生态安全造成严重威胁。因此,开展我国主要类型生态系统服务与生态安全研究,是生态系统恢复和生态建设、生态功能区划和建立生态补偿机制以及保障我国生态安全的重大科学问题和国家重大战略需求。

2009年,启动了国家973计划项目“中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全”,由中国科学院生态环境研究中心主持。该项目面向国家和区域生态安全,针对我国生态系统退化的主要问题,深入研究生态系统结构、过程与服务的关系,揭示我国主要陆地生态系统服务的形成机理,认识生态系统服务的尺度特征,发展生态系统服务的区域集成方法,建立生态系统服务评估指标体系和价值评估方法,综合评估我国主要陆地生态系统服务的时空变化特征,提出生态系统管理与生态安全对策,为保障我国生态安全及区域可持续发展提供科学依据。

项目执行近4年来,在生态系统过程与服务机理、生态系统服务区域综合研究、国家尺度生态系统结构与服务变化、生态系统服务价值化与生态安全等方面取得重要进展。为进一步深化研究,加强国内外相关学者的交流,结合中国科学院“生态系统过程与服务”创新团队国际合作伙伴计划,于2011年12月20—21日在北京组织召开了以“中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全”为主题的中国生态大讲堂冬季学术研讨会。中国科学院地理科学与资源研究所孙鸿烈院士和郑度院士、中国科学院生态环境研究中心冯宗炜院士、中国科学院沈阳应用生态研究所肖笃宁研究员、北京大学蔡运龙教授到会指导。美国加利福尼亚大学河滨分校李百炼教授、澳大利亚墨尔本大学陈德立教授、美国农业部林务局南方研究院孙阁研究员、美国佛罗里达州立大学杨小军教授和973项目各课题骨干共24位专家做了学术报告。会议充分展现了生态系统服务与生态安全的最新研究成果。

本书是在该研讨会报告的基础上编写而成的。主要内容包括生态系统服务的概念与原理(绪论、第1章和第2章)、生态系统服务研究的主要方法(第3章至第5章)、森林生态系统过程与服务(第6章至第9章)、草地和荒漠生态系统过程与服务(第10章至第12章)、湿地生态系统过程与服务(第13章至第15章)、农田生态系统水氮管理与温室气体减排(第16章)、土壤微生物多样性与生

态功能(第 17 章)、国家尺度生态系统服务评估(第 18 章)、生态系统服务的竞争与权衡(第 19 章)、流域生态补偿与生态安全(第 20 章)。上述内容涵盖了主要的陆地生态系统类型、重要的生态系统服务和相关的关键科学问题,研究尺度从生态系统、区域到国家,具有广泛的代表性,体现了生态系统服务研究的前沿。

在会议报告和文稿编写过程中,李百炼、陈德立、孙阁、杨小军、吴炳方、周国逸、贺红士、王辉民、李叙勇、白永飞、黄建辉、马健、王宗明、武海涛、于秀波、贺纪正、陶福祿、姜鲁光、张惠远等各位作者的奉献,使我们有机会分享他们在生态系统服务与生态安全方面的研究成果。中国科学院地理科学与资源研究所刘纪远、中国科学院生态环境中心欧阳志云和陈利顶、北京林业大学雷光春在百忙之中到会作学术报告。在会议筹备和组织中,中国科学院资源环境科学与技术局冯仁国、庄绪亮、杨萍,中国科学院地理科学与资源研究所甄霖等给予了大力支持。中国科学院地理科学与资源研究所于贵瑞、孙晓敏、李胜功给予了具体指导。中国科学院地理科学与资源研究所肖协文、周长春、李文杰、沈茜在 4 位海外学者的指导下承担了书中部分章节的文字整理工作。李莉、高光耀等人出色地完成了研讨会和书稿的组织与协调等工作。高等教育出版社为本书的出版提供了支持,尤其是李冰祥编审和柳丽丽博士,她们在本书的出版组织、材料整理、文字编辑等方面付出了大量精力。在此,我们对上述人员一并表示衷心感谢。

中国生态大讲堂 2011 年冬季研讨会由中国科学院中国生态系统研究网络(CERN)、中国科学院生态环境研究中心、中国科学院地理科学与资源研究所、环境保护部环境规划院、高等教育出版社主办。

由于生态系统服务与生态安全的研究领域广泛,涉及内容众多,本书难免挂一漏万,书中的错误和不妥之处,敬请批评指正。

傅伯杰

2013 年 6 月

目 录

绪论 生态系统过程、服务与生态安全	1
第 1 章 土地利用变化与生态系统服务	9
1.1 引言	9
1.2 土地利用变化与生态系统过程	11
1.3 土地利用变化与生态系统服务	17
1.4 生态系统服务的区域集成	21
1.5 结语	25
主要参考文献	25
第 2 章 社会-生态景观复杂性理论与评价方法	31
2.1 引言	31
2.2 生态复杂性	32
2.3 社会-自然生态系统复杂性理论	35
2.4 揭示社会-生态景观复杂性	40
2.5 结语	45
主要参考文献	46
第 3 章 生态遥感与应用	49
3.1 生态遥感定义	49
3.2 生态遥感数据源	52
3.3 遥感在生态领域的应用	56
3.4 生态遥感重大计划/项目	60
3.5 展望	66
主要参考文献	66
第 4 章 森林生态系统的水文服务功能:过程与评价方法	68
4.1 引言	68
4.2 森林水文服务功能	68
4.3 正确认识森林的水文过程和服务功能	70
4.4 森林生态系统水文服务功能的量化方法	74

4.5 结语	76
主要参考文献	77
第5章 基于空间分析方法评价土地利用对水质影响的若干问题	80
5.1 引言	80
5.2 土地利用影响水质研究的跨学科性质	82
5.3 土地利用与覆盖数据提取及景观格局指数选取	83
5.4 水质数据的获取与集成	86
5.5 空间观测与分析单元的设计与选取	87
5.6 统计分析与建模	89
5.7 分析结果的解释及相关问题	90
5.8 结语	91
5.9 致谢	91
主要参考文献	91
第6章 老龄林固碳的科学问题	95
6.1 引言	95
6.2 老龄林定义的相关问题	96
6.3 老龄林固碳研究实例	99
6.4 讨论	104
6.5 结语	106
主要参考文献	106
第7章 森林生态系统研究的尺度外推与空间过程调控	109
7.1 引言	109
7.2 样地数据在大尺度预测中的应用	109
7.3 环境异质性与尺度外推	111
7.4 森林景观对气候变化响应研究	116
7.5 结语	124
主要参考文献	124
第8章 中亚热带森林生态系统碳循环规律及其驱动机制	134
8.1 全球变化与森林生态系统碳循环	134
8.2 研究区简况	135
8.3 生态系统碳收支研究方法	136
8.4 生态系统碳汇功能及变化规律	137

8.5 中亚热带森林土壤呼吸长期观测与模拟	141
主要参考文献	153
第9章 水热梯度变化下森林水源涵养量的观测与估算	155
9.1 森林水源涵养功能的内涵	155
9.2 森林水源涵养功能的空间与时间尺度问题	156
9.3 水热梯度下典型森林生态系统水源涵养功能分析	159
主要参考文献	171
第10章 草地生物多样性与生态系统功能关系研究:进展、挑战和展望 ..	174
10.1 引言	174
10.2 生物多样性与生态系统功能关系研究现状	175
10.3 面临的挑战与主要发展方向	177
10.4 展望:以蒙古高原草原生物多样性的格局与维持机制研究为例 ..	178
主要参考文献	186
第11章 未来降水变化、氮沉降增加及其相互作用对温带草原碳交换的影响	189
11.1 引言	189
11.2 未来降水格局变化对温带草原碳交换的影响	189
11.3 氮沉降对温带草原碳交换的影响	192
11.4 未来降水格局变化和氮沉降共同作用对温带草原的影响	194
11.5 结语	196
主要参考文献	196
第12章 古尔班通古特沙漠南缘草本植物对积雪变化的响应	200
12.1 引言	200
12.2 材料与方法	201
12.3 结果与分析	203
12.4 讨论	209
12.5 结语	211
主要参考文献	211
第13章 三江平原沼泽湿地变化对区域碳平衡的影响	213
13.1 引言	213
13.2 研究区概况与研究方法	214

13.3	三江平原沼泽湿地农田化过程时空特征	218
13.4	三江平原沼泽湿地农田化的驱动因素	221
13.5	土地覆盖变化对植被碳储量的影响	224
13.6	退耕还湿空间决策分析	225
13.7	结论	228
	主要参考文献	229
第14章	湿地陆生无脊椎动物多样性与生态过程	231
14.1	引言	231
14.2	湿地无脊椎动物的概念、分类与特征	231
14.3	典型湿地土壤动物多样性与分解功能	233
14.4	地表甲虫组成对湿地农田化的响应与微量元素含量的变化	240
14.5	湿地蚂蚁巢丘分布格局及其对湿地功能的影响	243
14.6	结语	251
	主要参考文献	251
第15章	鄱阳湖水文节律对越冬水鸟栖息地的影响	255
15.1	引言	255
15.2	研究思路与方法	257
15.3	研究结果	259
15.4	研究结果应用与湿地保护策略	267
15.5	结语	269
15.6	致谢	269
	主要参考文献	270
第16章	澳大利亚农业水氮管理在温室气体减排中的作用	272
16.1	引言	272
16.2	澳大利亚农业水氮的优化管理与温室气体减排	272
16.3	结语	282
	主要参考文献	284
第17章	土壤微生物多样性与生态功能	287
17.1	土壤微生物多样性及其研究方法	287
17.2	土壤微生物生态功能研究举例	291
17.3	结语	297
	主要参考文献	298

第 18 章 中国陆地生态系统结构和功能对气候变化的动态响应	301
18.1 引言	301
18.2 方法与数据	303
18.3 LPJ-DGVM 模型在中国陆地生态系统的校准与验证	306
18.4 陆地生态系统结构和功能对气候变化的动态响应	309
18.5 结论	319
主要参考文献	320
第 19 章 不同生态系统服务的竞争与权衡——以鄱阳湖区粮食供给与洪水调蓄功能为例	324
19.1 生态系统服务及其关系研究现状	324
19.2 鄱阳湖区概况	325
19.3 数据与方法	327
19.4 研究结果	330
19.5 结论与讨论	336
主要参考文献	337
第 20 章 基于重点生态功能区的流域生态补偿机制设计——以东江源为例	340
20.1 引言	340
20.2 重点生态功能区	341
20.3 流域生态补偿机制	342
20.4 东江源重点生态功能区对建立生态补偿机制的意义	343
20.5 基于重点生态功能区的东江源生态补偿方案设计	345
20.6 结论与讨论	349
主要参考文献	351

绪论

生态系统过程、服务与生态安全*

一、引言

生态系统服务是指生态系统形成和所维持的人类赖以生存和发展的环境条件与效用(Daily, 1997)。它不仅包括生态系统为人类所提供的食物、淡水及其他工农业生产的原料,更重要的是支撑与维持了地球的生命支持系统,维持生命物质的生物地球化学循环与水文循环,维持生物物种的多样性,净化环境,维持大气化学的平衡与稳定。生态系统服务是人类赖以生存和发展的基础。

由于人类对生态系统服务及其重要性缺乏充分认识,对生态系统的长期压力和破坏,导致生态系统服务能力退化。最近完成的联合国《千年生态系统评估报告》发现,全球生态系统服务在评估的 24 项生态服务中,有 15 项(约占评估的 60%)正在退化,生态系统服务能力的丧失和退化将对人类福祉产生重要影响,威胁人类的安全与健康,直接威胁着区域乃至全球的生态安全(MA, 2005)。生态系统服务研究已成为国际生态学和相关学科研究的前沿和热点。

长期的生态系统开发利用和巨大的人口压力使我国生态系统和生态系统服务功能严重退化,生态系统呈现出由结构性破坏向功能性紊乱的方向发展,由此引起的水资源短缺、水土流失、沙漠化、生物多样性减少等生态问题持续加剧,对我国生态安全造成严重威胁。从生态系统、区域和国家不同尺度开展生态系统服务的系统研究,认识生态系统服务形成与调控机制和尺度特征,发展生态系统服务评估方法,全面认识我国生态系统服务的空间格局及其演变特征,对发展生态系统服务研究的理论与方法、保障我国生态安全具有重要意义。

* 作者:傅伯杰、吕一河、郑华(中国科学院生态环境研究中心),周国逸(中国科学院华南植物园),白永飞(中国科学院植物研究所),宋长春(中国科学院东北地理与农业生态研究所),刘纪远、谢高地(中国科学院地理科学与资源研究所),张惠远(国家环境保护部环境规划院)。此文发表于地球科学进展,2009年第6期,571-576。

二、研究进展和发展趋势

1. 生态系统服务是国际生态学研究的前沿和热点

生态系统为人类提供了赖以生存和发展的多种产品和维持人类生命支持系统,生态系统服务是人类社会赖以生存和发展的基础(Costanza, 1997; Daily, 1997; Ehrlich 和 Ehrlich, 1992; Le Maitre 等, 2007; MA, 2005)。人类当前面临的多种生态问题的本质是由于生态系统服务的功能受到破坏与退化的后果。

尽管人类一直依赖生态系统服务而得以生存与发展,但作为科学问题开展研究还是自 20 世纪 70 年代以来,人们逐渐认识到生态系统服务能力的退化是生态危机的根源时,才提出了对这一问题的定义并开展研究。20 世纪 80 年代以来,随着生态经济学的发展,人们开始评价生态系统在维持大气化学平衡、生物多样性、净化环境、保护土壤、文化教育等方面给人类带来的巨大的间接价值。20 世纪 90 年代中期,美国生态学会组织了由 Gretchen Daily 负责的研究小组,对生态系统服务进行了较为系统的研究,形成了能够反映当时这一课题研究进展的论文集(Daily, 1997)。1997 年, Costanza 等(1997)的“全球生态系统服务与自然资本的价值估算”一文在 *Nature* 发表以后,在学术界引起了极大的反响,有力地推动了生态系统服务经济价值评价研究。2000 年世界环境日,由联合国秘书长 Annan 正式宣布启动千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment, MA),这是人类首次对全球生态系统的过去、现在及未来状况进行评估,并据此提出相应的管理对策(MA, 2005)。生态系统服务评价是 MA 的核心内容之一, MA 的工作极大地推进了生态系统服务研究在世界范围内的开展。美国生态学会在 2004 年提出的“21 世纪美国生态学会行动计划”中,将生态系统服务科学作为生态学面对拥挤地球的首个生态学重点问题(Palmer 等, 2004)。2006 年,英国生态学会组织科学家与政府决策者一起提出了 100 个与政策制定相关的生态学问题(共 14 个主题),其中第 1 个主题就是生态系统服务研究(Sutherland 等, 2006)。生态系统服务已成为当前国际上生态学研究的前沿和热点领域。

2. 生态系统服务研究正由类型识别、经济价值评估向机理分析方向发展

近年来国际上围绕生态系统服务内涵、生态系统服务类型划分、生态系统服务经济价值评估等方面开展了大量研究(Biggs 等, 2004; Daily, 1997; Daily 等, 2000; Heal, 2000; Kremen, 2005; MA, 2003)。与此同时,人们也深刻意识到:人类活动在不断改变生态系统组成、结构和功能过程中(Vitousek 等, 1997),严重削弱了生态系统服务(Daily, 1997; Le Maitre 等, 2007; Palmer 等, 2004)。但是,如何保育和管理生态系统,改善生态系统的服务,进而保障区域生态安全,生态学家和管理者却感到力不从心。其原因就在于:人们对生态系统的大部分服务还缺乏深入的生态学理解,能够为决策提供依据的生态学信息非常少,例如:生